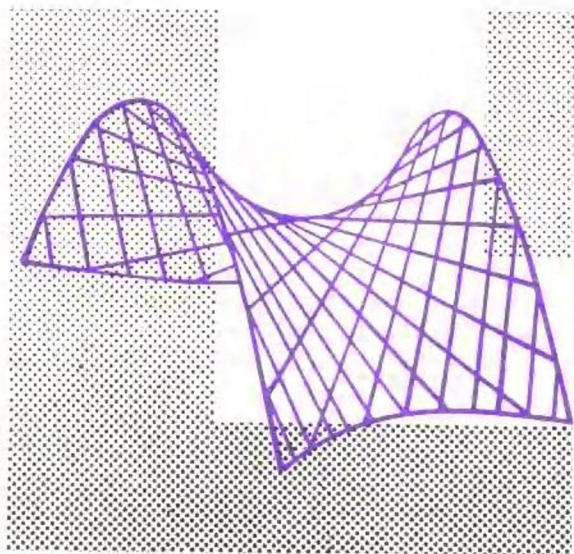


高等学校建筑工程专业系列教材

建筑工程事故 分析与处理

江见鲸 龚晓南 王元清 崔京浩 编著

● 中国建筑工业出版社



高等学校建筑工程专业系列教材

建筑工程事故分析与处理

江见鲸 龚晓南 编著
王元清 崔京浩

ND33/04

中国建筑工业出版社

前 言

改革开放以来，我国经济发展迅速，建筑业也得到了蓬勃发展。从总的情况看，建筑工程质量是好的，但建筑工程事故也时有发生，有些事故还很严重。严重的事故会使建筑物倒塌，造成人员伤亡和严重的经济损失。从事故中吸取教训，分析原因，采取对策，以避免同类事故的重复发生，这便是编写本书的目的。本书编者多年来从事这方面的教学工作，也参与一些实际工程事故的处理，本书就是依据教学讲义整理、充实而写成的。

本书在绪论中对事故的分类、事故处理程序和建筑物现场测试的一些常用方法作了总的介绍。本书核心内容分为三篇：建筑主体结构篇、地基主体基础篇和火灾主体燃爆篇。第一篇由清华大学江见鲸教授和王元清博士编写；第二篇由浙江大学教授龚晓南编写；第三篇由清华大学崔京浩教授编写。每一篇均自成体系，有原理说明、事故实例分析和加固处理方法等内容。

本书力求选择的事故比较典型，原因分析比较深入，加固方法切合实用。但建筑工程事故种类繁多，具体情况又千差万别，加上编者的实际经验有限，因而编写很难完美，肯定有不少缺点和不当之处，敬希读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 学习本课程的目的	1
第二节 建筑结构事故的类别及原因综述	1
第三节 事故处理的一般程序	3
第四节 结构可靠度的评判依据和原则	4
第五节 建筑结构现场检测方法	10
参考文献	38

第一篇 建筑主体结构篇

第二章 砌体结构	39
第一节 概述	39
第二节 砌体强度不足引起的事故	40
第三节 因方案欠妥引起的事故	43
第四节 因施工失误引起的事故	50
第五节 因材料不合格或使用不当而引起的事故	57
第六节 砌体常见裂缝分析及预防	58
第七节 砌体的加固方法	65
第三章 钢结构工程事故	74
第一节 钢结构的缺陷	74
第二节 钢结构事故及其影响因素	84
第三节 钢结构事故的实例分析	92
第四节 钢结构的加固	124
第五节 钢结构的修复	145
第四章 混凝土结构	154
第一节 混凝土结构的裂缝及表层缺陷	154
第二节 设计失误引起的事故	158
第三节 施工不良引起的事故	167
第四节 预应力混凝土事故	176
第五节 结构使用、改建不当引起的事故	178
第六节 混凝土构件的加固方法	181
第五章 其他类型结构事故	227
第一节 木结构事故	227
第二节 钢-混凝土组合屋架事故	229
第三节 特种结构事故	231
第四节 结构安装工程事故	238
第五节 结构耐久性事故	244

参考文献	253
------------	-----

第二篇 地基与基础篇

第六章 综述	254
第一节 建筑工程对地基的要求	254
第二节 地基与基础的基本形式	255
第三节 常见地基与基础工程事故分类及原因综述	257
第四节 事故预防及处理对策	260
第五节 地基与基础加固方法分类	262
第七章 地基与基础工程事故及处理	268
第一节 地基沉降造成的工程事故	268
第二节 地基失稳造成的工程事故	281
第三节 基坑工程事故	285
第四节 边坡滑动工程事故	294
第五节 地震造成工程事故	295
第六节 特殊土地基工程事故	298
第七节 基础工程事故	306
第八节 其他地基与基础工程事故	317
第八章 已有建筑物地基加固与纠偏技术	318
第一节 概述	318
第二节 地基与基础加固技术	319
第三节 纠偏技术	334
第四节 防渗堵漏技术	340
参考文献	345

第三篇 火灾与燃爆篇

第九章 火灾及其对建筑结构的影响	346
第一节 概述	346
第二节 混凝土在高温下的力学性能	355
第三节 钢材在高温下的力学性能	366
第四节 钢筋混凝土构件在高温下的力学性能	369
第十章 燃气爆炸及其对建筑结构的影响	375
第一节 概述	375
第二节 燃爆机理及其物理力学特征	381
第三节 燃爆灾害的特点及其对建筑结构的影响及计算	386
第十一章 火灾事故预防与处理	391
第一节 概述	391
第二节 防火设计的几个问题	395
第三节 火灾后鉴定与加固	410
第十二章 燃爆事故预防与处理	425
第一节 概述	425

第二节 民用防燃爆设计	426
第三节 燃爆灾害后的调查分析与加固	435
附录 中国消防设计规范目录	442
参考文献	443

第一章 绪 论

第一节 学习本课程的目的

80年代以来,我国的建筑事业得到了蓬勃的发展,各种现代化的建筑如雨后春笋般快速出现,小村镇的城市化也促使房建、市政建设的迅猛发展。与此同时,各种工程质量事故也时有发生。因此,我们土木工程建设者既肩负着重大而光荣的任务,也面临着严峻的挑战。所谓任务,即全国城乡开展的大规模的工程建设,可为我国经济的迅速发展作重大贡献;所谓挑战,即各种工程的质量事故,会给国家财产造成重大损失并危及人民生命安全。我们编写这本书的目的主要在于:

(1) 从工程事故中吸取教训,以改进设计、施工和管理工作,从而防止同类事故的发生。目前,学校中安排的土木工程建设的有关课程,绝大部分是从正面学习,自成体系。而事故的发生,造成经济损失,有时还引起人员伤亡,这从反面给我们以深刻的教训。从事事故中吸取教训,有利于对正面学习到的规律和知识理解得更深刻、运用得更正确。

(2) 掌握事故处理的基本知识和方法。因设计和施工的失误或管理不善而引起的事故,是工程技术人员经常遇到的。如何正确处理事故,对事故原因分析、残余承载力的判断及修复加固的措施等问题,这与设计和建造新建筑有较大的不同,而掌握这方面的知识和技术是非常必要的。

第二节 建筑结构事故的类别及原因综述

按照《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)建筑结构必须满足以下各项功能的要求:

- (1) 能承受正常施工和正常使用时可能出现的各种作用;
- (2) 在正常使用时具有良好的工作性能;
- (3) 在正常维护条件下具有足够的耐久性;
- (4) 在偶然作用(如地震作用、爆炸作用、撞击作用等)发生时及发生后,结构仍能保持必要的整体稳定性。

一、建筑事故分类

当建筑结构因工程质量低下而不能满足上述要求时,统称为质量事故。小的质量事故,影响建筑物的耐久性,造成浪费;严重的质量事故会使构件破坏,甚至引起房屋倒塌,造成人员伤亡和严重的财产损失。因此,建筑工程质量的好坏,关系重大,必须十分重视。为了保证建筑工程质量,我国有关部门颁布了一系列的规范、规程等法规性文件,对建筑工程勘测、设计、施工、验收和维修等各个建设阶段都有明确的质量保证要求。只要我们严格遵守这些规定,一般不会出质量事故。建国以来,特别是改革开放后,我国建筑业得到了很大的发展,建筑工程的质量基本上是好的。但是,建筑工程质量事故还时有发生,严

重的建筑物倒塌事故每年也有几十起，这不能不引起我们的重视。

质量事故的分类方法很多。按事故的严重程度分，可分为重大事故或倒塌事故（如引起人员伤亡）、严重危及安全的事故（如墙体严重开裂、构件断裂等）、影响使用的事故（如房屋漏雨、变形过大，隔热隔声不好等）以及仅影响建筑外观的事故等。

按事故发生的阶段分，有施工过程中发生的事故、使用过程中发生的事故和改建时或改建后引起的事故。

按事故发生的部位来分，有地基基础事故、主体结构事故、装修工程事故等。

按结构类型分，有砌体结构事故、混凝土结构事故、钢结构事故和组合结构事故等。

建设部曾按事故发生后果的严重程度分为四级，其主要依据是事故引起的伤亡人数和经济损失。

一级事故：死亡 30 人以上，直接经济损失 300 万元人民币以上。

二级事故：死亡人数 10~29 人，直接经济损失 100~300 万元人民币。

三级事故：死亡人数 3~9 人，重伤 20 人以上，直接经济损失 30~100 万元人民币。

四级事故：死亡人数 2 人以下，重伤 3~19 人，直接经济损失 10~30 万元人民币。

二、事故原因综述

事故发生的原因是多种多样的，从已有事故分析，其主要原因有以下几个方面：

管理不善。无证设计，无证施工，有章不依，违章不纠，或纠正不力；长官意志，违反基建程序和规律，盲目赶工，造成隐患；层层承包，层层克扣；监督不力，不认真检查，马马虎虎盖“合格”章；申报建筑规划、设计、施工手续不全，设计、施工人员临时拼凑，借用执照，实为“乌合之众”，出了事故，分析、处理极困难。

勘测失误，地基处理不当。常见的勘测问题有未勘探即设计；盲目套用邻区勘测资料，实际上有很大问题；钻孔布置不足，有些隐患未能查出。地基处理不当，如饱和土用强夯法，打桩未打到好的持力层，深基坑支护失当，地基土受干扰又未重新夯实。软弱地基加固方法不对，基底未验收即进行基础施工等等。

设计失误。设计失误常见的情况有任务急，时间紧，结构未计算即出图；套用已有图纸而又未结合具体情况校核；计算模型取得不合适，设计方案欠妥，未考虑施工过程中会遇到的意外情况；重计算，轻构造，构造不合理；计算中漏算荷载，截面取得过小，未考虑重要荷载组合的不利情况；盲目相信电算，电算错了也出图；不懂得制表原理，套用了不适用的图表，造成计算书错误。

施工质量差、不达标。主要问题是以为“安全度高得很”，因而施工马虎，甚至有意偷工减料；技术人员素质差，不熟悉设计意图，为方便施工而擅自修改设计；施工管理不严，不遵守操作规程，达不到质量控制要求；原材料进场控制不严，采用过期水泥及不合格材料；对工程虽有质量要求，但技术措施未跟上；计量仪器未校准，使材料配合比有误差；技术工人未经培训，大量采用壮工顶替；各工种不协调，尤其是管工，为图方便，乱开洞口；施工中出现了偏差也不予纠正等等。

使用、改建不当。使用中任意增大荷载，如阳台当库房，住宅变办公楼，办公室变生产车间，一般民房改为娱乐场所。随意拆除承重隔墙，盲目在承重墙上开洞，任意加层等等。

恶性重大事故的发生，往往是多种因素综合在一起而引起的。

第三节 事故处理的一般程序

事故发生后，尤其是大事故、倒塌事故发生后，必须要进行调查、处理。对于事故处理，因为涉及到单位信誉、经济赔偿及法律责任，为各方所关注。事故有关单位或个人常常企图影响调查人员，甚至干扰调查工作。所以，参加事故调查分析，一定要排除各种干扰，以规范、规程为准绳，以事实为依据，按正确、公正的原则进行。

事故调查一般按下列步骤进行：初步调查（基本情况调查）；初步分析事故最可能发生的原因，并决定进一步调查及必要的测试项目；进一步深入调查及检测；根据调查及测试结果进行计算分析、邀请专家会商，同时听取与事故有关单位的陈述或申辩，最后写出事故调查报告，送主管部门及报告有关单位。下面就几个主要步骤加以说明。

一、基本情况调查

基本情况调查包括对建筑的勘测，设计和施工有关资料的收集，对事故现场的调查及对有关人员的访问。为了提高调查效率，避免发生遗漏，在调查前应列出提纲，并尽可能地制定好调查表格，按所列项目一一落实。事故情况的收集和调查内容列于表 1-1。

调 查 项 目 表

表 1-1

工程情况	建筑所在场地特征（如地形、地貌），气象，环境条件（酸、碱、盐腐蚀性条件等）。建筑结构主要特征（结构类型、层数、基础形式等）；事故发生时工程进度情况或使用情况
事故情况	发生事故的时间、经过、事故见证人及有关人员，人员伤亡和经济损失情况。可以采用照像、录像等手段取得现场实况资料
地质水文资料	主要看有关勘测报告，并重点查看勘察情况与实际情况是否相符，有无异常情况
设计图档	任务委托书、设计单位。主要负责人及设计人员水平、资历，设计依据的有关规范、规程、设计文件及施工图。重点看计算简图是否妥当，计算是否正确，构造处理是否合理
施工记录	施工单位及其等级水平，具体技术负责人水平及资历。施工时间、气温、风雨、日照等记录，施工方法，施工质检记录，施工日记，（如打桩记录，地基处理记录，混凝土施工记录，预应力张拉记录，设计变更洽商记录、特殊处理记录等）
使用情况调查	房屋用途，使用荷载，腐蚀性条件，使用变更、维修记录，有无发生过灾害荷载等

当然，调查时要根据事故情况和工程特点确定重点调查项目。如对砌体结构应重点察看砌筑质量；对混凝土结构则应重点检查混凝土的质量，钢筋配置的数量及位置，对构件缺陷应作为重点调查项目。对钢结构应侧重检查连接处，如焊接质量，螺栓质量及杆件加工的平直度等。有时，调查可分两步进行，在初步调查以后，先作分析判断，确定事故最可能发生的一种或几种原因。然后，有针对性地作进一步深入细致的调查和检测。

二、结构及材料检测

在初步调查研究的基础上，往往需要进一步作必要的检验和测试工作，甚至做模拟实验。测试有以下几个方面：

(1) 对没有直接钻孔的地层剖面而又有怀疑的地基应进行补充勘测。基础如果用了桩基，则要进行测试，检测是否有断桩、孔洞等不良缺陷。

(2) 测定建筑物中所用材料的实际性能，对构件所用的原材料（如水泥、钢材、焊条、

砖等)可抽样复查;对无产品合格证明或假证明的材料,更应从严检测;考虑到施工中采用混凝土强度等级及预留的试块未必能真实反映结构中混凝土的实际强度,可用回弹法、声波法、取芯法等非破损或微破损方法测定构件中混凝土的实际强度。对于钢筋,可从构件中截取少量样品进行必要的化学成分分析和强度试验。对砌体结构要测定砖或砌块及砂浆的实际强度。

(3) 建筑物表面缺陷的观测。对结构表面裂缝,要测量裂缝宽度、长度及深度,并绘制裂缝分布图。

(4) 对结构内部缺陷的检查。可用锤击法、超声探伤仪、声发射仪器等检查构件内部的孔洞、裂纹等缺陷。可用钢筋探测仪测定钢筋的位置、直径和数量。对砌体结构应检查砂浆饱满程度、砌体的搭接错缝情况,遇到砖柱的包心砌法及砖、混凝土组合构件,尤应重点检查其芯部及混凝土部分的缺陷。

(5) 必要时可作模型试验或现场加载试验,通过试验检查结构或构件的实际承载力。现场常用的结构和材料的检测方法将在第五节介绍。

三、复核分析

在一般调查及实际测试的基础上,选择有代表性的或初步判断有问题的构件进行复核计算。这时应注意按工程实际情况选取合理的计算简图,按构件材料的实际强度等级,断面的实际尺寸和结构实际所受荷载或外加变形作用,按有关规范、规程进行复核计算。这是评判事故的重要根据,必须认真进行。

四、专家会商

在调查、测试和分析的基础上,为避免偏差,可召开专家会商会议,对事故发生原因进行认真分析、讨论,然后作出结论。必要时,应听取与事故有关单位人员的申诉与答辩,综合各方面意见后下最后的结论。

五、调查报告

事故的调查必须真实地反映事故的全部情况,要以事实为根据,以规范、规程为准绳,以科学分析为基础,以实事求是和公正无私的态度写好调查报告。报告一定要准确可靠,重点突出,抓住要害,让各方面专家信服。调查报告的内容一般应包括:

(1) 工程概况:重点介绍与事故有关的工程情况。

(2) 事故情况:事故发生的时间、地点、事故现场情况及所采取的应急措施;与事故有关人员、单位情况。

(3) 事故调查记录。

(4) 现场检测报告(如有模拟实验,还应有实验报告)。

(5) 复核分析,事故原因推断,明确事故责任。

(6) 对工程事故的处理建议。

(7) 必要的附录(如事故现场照片、录像、实测记录、专家会协商的记录,复核计算书,测试记录,实验原始数据及记录等)。

第四节 结构可靠度的评判依据和原则

为了分析事故具有公证性和统一性,事故的分析 and 评判应以现行的国家及有关部门颁

布的标准（包括统一标准、设计规范、施工及验收规范、施工操作规程、材料试验标准等）为依据，按照其规定的方法、步骤进行试验或计算。对一般建筑物检验性评定，如混凝土的质量、钢筋的质量等均可按有关规定检查，并填好检验记录。这并不复杂，但应仔细，这里不再一一叙述。

一、单一安全系数的评判方法

对结构可靠度进行评定时，会遇到不同时期的建筑物，采用不同规范设计和施工的问题，而且有较大的差别。以混凝土结构为例，1990年以前的建筑物是按照《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74)设计的，采用的是单一的安全系数，当时质量检验评定标准是按《建筑安装工程质量检验评定标准》(TJ301—74)进行的，而在1992年以后建造的建筑物是按照《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)设计的，采用的是概率极限状态设计准则，在可靠度的表达方式上采用了分项系数的方法，而质量鉴定则按《建筑安装工程质量检验评定统一标准》进行。因此，对不同历史时期的建筑物，在复核可靠度时应采用不同的表达式。现简述如下：

按旧规范设计的建筑结构的强度验算，可按下式进行：

$$K_{\text{实}} = \frac{R_{\text{实}}}{S_{\text{实}}} \geq \beta[K] \quad (1-1)$$

式中 $K_{\text{实}}$ ——实际构件强度检算的安全系数；

$R_{\text{实}}$ ——构件的实际抗力，采用实测强度按规范公式计算，注意，材料实测强度应采用设计计算值，若实测材料强度的平均值为 \bar{f} ，均方差为 σ ，则设计计算值采用 $f = \bar{f} - 2\sigma$ ；

$S_{\text{实}}$ ——构件实际承受的内力，可按事故发生时的实际荷载计算；

$[K]$ ——规范规定的安全系数，可按有关规范查用。为便于应用，对混凝土结构、钢结构、砌体结构所要求的安全系数分别列于表1-2、表1-3、表1-4；

β ——强度检验的修正系数，与检测方法，检验精度有关，可按表1-5取值。

钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件强度设计安全系数

表 1-2

项 次	受 力 特 征	基本安全系数	
		钢筋混凝土	预应力混凝土
1	轴心受弯、受拉、偏心受拉构件	1.40	1.50
2	轴心受压、偏心受压构件、斜截面受剪、受扭、局部承压	1.55	1.55
项 次	选 用 条 件		附加安全系数
1	一般构件		1.05
2	薄腹大梁、直接承受重级工作制吊车的构件		1.05
3	屋架、托架	钢筋混凝土下弦及钢丝、钢绞线的预应力混凝土拉杆	1.10
		其他杆件	1.05~1.10
4	承受风载为主的高耸结构		1.05~1.10
5	承受静水压力的水池等荷载变异较小的结构		1.0~0.9
6	缺乏实践经验的新结构以及荷载变异较大的结构		酌取大于1.0的值

钢结构构件强度设计安全系数

表 1-3

项次	结构类型		安全系数 K
1	普通钢结构	一般结构	1.40
		轻、重级制吊车梁、恒载小于总荷载 40% 的屋面结构、轻型钢结构	1.5
2	低合金钢结构	一般结构	1.45
		轻、重级制吊车梁、恒载小于总荷载 40% 的屋面结构、轻型钢结构	1.55

注：《钢结构设计规范》(TJ17-74) 采用标准荷载和容许应力进行计算，安全系数不以 K 的形式出现，为检验方便，表中给出了按照应力反算得到的安全系数值。

砖石结构构件强度设计安全系数

表 1-4

项次	受力情况	不同砌体的安全系数 K					
		砖石砌块和空斗砌体	乱毛石砌体	网状配筋砌体	组合砌体	钢筋砖过梁	土 墙
1	受 压	2.3	3.0	2.3	2.1	—	3.0
2	受弯、受剪、受拉	2.5	3.3	—	—	2.5 (受剪) 2.0 (受弯)	—
3	倾覆和滑移	1.5	1.5	—	—	—	—
项次	构件、构件类型	K 的修正系数			备 注		
1	有吊车房屋	1.1			指直接受动荷载影响的墙和柱		
2	特别重要的房屋和构筑物	1.1~1.2					
3	截面积 A 小于 0.35m ² 的受压墙柱	1.35-A			仅适用于承受压力的墙和柱；对过梁、局部受压、网状配筋和组合砌体可不予修正		
4	验算施工中的房屋构件				0.8~0.9		

结构、构件强度检验修正系数

表 1-5

项次	结构类型	检 验 方 法 和 条 件	β
1	钢筋混凝土结构	(1) 混凝土强度由超声、回弹、取芯法综合确定，并有检验试块 (2) 钢筋位置由钢筋探测仪测定 (3) 钢筋强度由取样试验确定 (4) 荷载由实测、结合统计资料确定 (5) 设计、施工资料齐全	0.9
		(1) 混凝土由超声、回弹综合确定，并有检验试快 (2) 钢筋凿开目测检验 (3) 钢筋位置由钢筋探测仪确定 (4) 荷载由实测确定 (5) 设计、施工资料齐全	1.0
		其 他	1.1

项次	结构类型	检验方法和条件	β
2	钢结构	(1) 钢材取样检验 (2) 荷载由实测和统计资料确定 (3) 焊缝用超声检验 (4) 设计、施工资料齐全	0.9
		(1) 钢材与设计资料核对后采用设计值 (2) 荷载实测 (3) 设计、施工资料齐全	1.0
		其他	1.1
3	砖石结构	(1) 砌体强度由实测砖、砂浆强度和外观检验确定 (2) 荷载由实测与统计资料确定 (3) 设计资料、施工资料齐全	0.9
		其他	1.0~1.1

二、直接加荷试验评定方法

对于非倒塌事故，或对批量生产的承重构件有质量问题或事故疑问时，可进行实际加载试验，以决定结构是否可继续使用或加固。若实际荷载为 $q_{\text{实}}$ ，而设计需要的承载力的标准值为 $q_{\text{标}}$ ，如满足 $K_{\text{实}} = \frac{q_{\text{实}}}{q_{\text{标}}} \geq \beta [K]$ ，则可认为结构或构件可继续使用。

实际现场试验时，一般不加载到结构完全倒塌，这样做比较危险，并使结构不能再使用，甚至加固也不可能了。一般 $q_{\text{实}}$ 取某种极限值，如挠度达到 $l/50$ (l 为跨度)，或裂缝达到 1.5mm 或 $q \geq (1.5 \sim 2.0) q_{\text{标}}$ ，则就停止试验，取这时的荷载为 $q_{\text{实}}$ 。

三、按房屋可靠性评定标准检定

对于按现行规范设计的建筑物的复核可按新规范有关条文进行。

新规范要求结构的可靠度指标以分项系数的表达方式来实现。复核时应满足：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数，对一般结构取 1.0，重要结构取 1.1，临时的、次重要的结构可取 0.9；

S ——作用效应，考虑了荷载分项系数，组合系数后的实际荷载作用，环境作用，约束变形的作用效应；

R ——结构的抗力，按点测材料强度计算，但要考虑材料分项系数。材料的强度由实测结构推断。若实测强度的平均值为 f_m ，标准差为 σ ，则设计强度可取

$$f = f_m(1 - 1.645\sigma)/\gamma \quad (1-3)$$

式中 γ 为材料分项系数

对砌体 $\gamma = 1.5$

对混凝土 $\gamma_c = 1.35$

对钢筋 $\gamma_s = 1.1$ (热轧 II、III、IV 级，冷拉 I 级钢筋)

= 1.15 (热轧 I 级钢筋)

= 1.2 (冷拉 II、III、IV 级钢筋)

为了区分承载力的可靠度等级，可参考工业厂房可靠性评定的分级标准，将结构的可

靠程度分为四个等级：

(1) a、A，一级：满足规范要求；

(2) b、B，二级：略低于规范要求，但不会影响正常使用；

(3) c、C，三级：不满足规范要求，影响正常使用，但不致于马上倒塌，应采取措施加固。

(4) d、D，四级：严重不满足规范要求，随时会发生事故。对混凝土结构、钢结构、砌体结构的具体等级评定标准可参见表 1-6~表 1-14。

砌体结构或构件承载能力评定等级

表 1-6

构件种类	承载能力			
	$R/\gamma_0 S$			
	a	b	c	d
砌体结构或构件	≥ 1.0	≥ 0.92 < 1.0	≥ 0.87 < 0.92	< 0.87

注：1. 当砌体结构或构件已出现明显的受压、受弯、受剪等受力裂缝时，应根据其严重程度，按评级基本原则评为 c 级或 d 级。

2. 验算结构或构件承载能力时，应考虑由于留洞、风化剥落、各种变形裂缝和倾斜引起的有效截面的削弱和附加内力。

混凝土结构或构件承载能力评定等级

表 1-7

结构或构件种类	承载能力			
	$R/\gamma_0 S$			
	a	b	c	d
屋架、托架、屋面梁、平台主梁、柱和中级、重级工作制吊车梁	≥ 1.0	≥ 0.92 < 1.0	≥ 0.87 < 0.92	< 0.87
一般构件（包括楼盖、现浇板、梁等）	≥ 1.0	≥ 0.90 < 1.0	≥ 0.85 < 0.90	< 0.85

钢结构或构件承载能力评定等级

表 1-8

结构或构件种类	承载能力			
	$R/\gamma_0 S$			
	a	b	c	d
屋架、托架、梁、柱	≥ 1.00	≥ 0.95 < 1.00	≥ 0.90 < 0.95	< 0.90
中、重级制吊车梁	≥ 1.00	≥ 0.95 < 1.00	≥ 0.90 < 0.95	< 0.90
一般构件及支撑	≥ 1.00	≥ 0.92 < 1.00	≥ 0.87 < 0.92	< 0.87
连接、构造	≥ 1.00	≥ 0.95 < 1.00	≥ 0.90 < 0.95	< 0.90

注：1. 凡杆件或连接构造有裂缝或锐角切口者，根据其对承载能力影响程度，可按基本评级原则评为 c 级或 d 级。

2. 对于焊接吊车梁，当上翼缘连接焊接及其近旁出现疲劳开裂，或受拉区腹板在加劲肋端部或受拉翼缘的横向焊缝处出现疲劳开裂时，或受拉翼缘焊有其他钢件者，应按基本评级原则评为 c 级或 d 级。

砌体结构或构件变形裂缝宽度评定等级

表 1-9

结构或构件	变 形 裂 缝			
	a	b	c	d
墙、有壁柱墙	无裂缝	墙体产生轻微裂缝, 最大宽度 $W_r < 105\text{mm}$	墙体裂缝较严重, 最大裂缝宽度 W_r 在 $1.5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 范围内	墙体裂缝严重, 最大裂缝宽度 $W_r > 10\text{mm}$
独立柱	无裂缝	无裂缝	最大裂缝宽度 $W_r < 1.5\text{mm}$ 且未贯通柱截面	柱断裂或产生水平错位

注: 本表仅适用于粘土砖、硅酸盐砖以及粉煤灰砖砌体。

钢结构或构件变形评定等级

表 1-10

钢结构或构件类别		变 形			
		a	b	c	d
檩条	轻屋盖	$\leq l/150$	$>a$ 级变形, 功能无影响	$>a$ 级变形, 功能有局部影响	$>a$ 级变形, 功能有很大影响
	其他屋盖	$\leq l/200$			
桁架、屋架及托架		$\leq l/400$	$>a$ 级变形, 功能无影响	$>a$ 级变形, 功能有局部影响	$>a$ 级变形, 功能有很大影响
实腹梁	主梁	$\leq l/400$	$>a$ 级变形, 功能无影响	$>a$ 级变形, 功能有局部影响	$>a$ 级变形, 功能有很大影响
	其他梁	$\leq l/250$			
吊车梁	轻级和 $Q < 50\text{t}$ 中级桥式吊车	$\leq l/600$	$>a$ 级变形, 吊车运行无影响	$>a$ 级变形, 吊车运行有局部影响, 可补救	$>a$ 级变形, 吊车运行有很大影响, 不可补救
	重级和 $Q > 50\text{t}$ 中级桥式吊车	$\leq l/750$			

单层厂房砌体结构或构件变形评定等级

表 1-11

构件类别	变形或倾斜值 Δ (mm)			
	a	b	c	d
无吊车厂房墙、柱	≤ 10	$>10, \leq 30$	$>30, \leq 60$ 或 $\leq H/150$	>60 , 或 $>H/150$
有吊车厂房墙、柱	$\leq H_r/1250$	有倾斜, 但不影响使用	有倾斜, 影响吊车运行, 但可调节	有倾斜, 影响吊车运行, 已无法调节
独立柱	≤ 10	$>10, \leq 15$	$>15, \leq 40$ 或 $\leq H/170$	>40 , 或 $>H/170$

注: 1. 表中 H_r 为柱脚底面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度; Δ 为单层工业厂房砌体墙、柱变形或倾斜值; H 为砌体结构房屋总高。

2. 本表适用于墙、柱高度 $H \leq 10\text{m}$ 。当墙、柱高度 $H > 10\text{m}$ 时, 高度每增加 1m , 各级变形或倾斜限值可增大 10% 。

I、II、III级钢筋配筋的混凝土结构或构件
裂缝宽度评定等级

表 1-12

结构或构件的工作条件		裂 缝 宽 度 (mm)			
		a	b	c	d
室 内 正常环境	一般构件	≤ 0.40	$>0.40, \leq 0.45$	$>0.45, \leq 0.70$	>0.70
	屋架、托架	≤ 0.20	$>0.20, \leq 0.30$	$>0.30, \leq 0.50$	>0.50
	吊车梁	≤ 0.30	$>0.30, \leq 0.35$	$>0.35, \leq 0.50$	>0.50
露天或室内高湿度环境		≤ 0.20	$>0.20, \leq 0.30$	$>0.30, \leq 0.40$	>0.40

注：露天或室内高湿度环境一栏系指处于下列工作条件的结构或构件：直接受雨淋，或室内经常受蒸汽及凝结水作用，以及与土壤直接接触的结构或构件。

II、III、IV级钢筋配筋的预应力混凝土结构或
构件裂缝宽度评定等级

表 1-13

结构或构件的工作条件		裂 缝 宽 度 (mm)			
		a	b	c	d
室 内 正常环境	一般构件	≤ 0.20	$>0.20, \leq 0.35$	$>0.35, \leq 0.50$	>0.50
	屋架、托架	≤ 0.05	$>0.05, \leq 0.10$	$>0.10, \leq 0.30$	>0.30
	吊车梁	≤ 0.05	$>0.05, \leq 0.10$	$>0.10, \leq 0.30$	>0.30
露天或室内高湿度环境		≤ 0.02	$>0.02, \leq 0.05$	$>0.05, \leq 0.02$	>0.20

碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋、冷拔低碳钢丝配筋的预应力
混凝土结构或构件裂缝宽度评定等级

表 1-14

结构或构件的工作条件		裂 缝 宽 度 (mm)			
		a	b	c	d
室 内 正常环境	一般构件	≤ 0.02	$>0.02, \leq 0.10$	$>0.10, \leq 0.20$	>0.20
	屋架、托架	≤ 0.02	$>0.02, \leq 0.05$	$>0.05, \leq 0.20$	>0.20
	吊车梁	—	≤ 0.05	$>0.05, \leq 0.20$	>0.20
露天或室内高湿度环境		—	≤ 0.02	$>0.02, \leq 0.10$	>0.10

第五节 建筑结构现场检测方法

一、概述

当建筑物发生质量事故后，为了正确分析事故发生的原因，为工程质量事故的仲裁提供客观而公正的技术依据，也为建筑结构的修复、加固提供参考数据，往往有必要对发生事故的结构或构件进行必要的检测。这些检测包括：

(1) 常规的外观检测。如平直度、偏离轴线的公差、尺寸准确度、表面缺陷、砌体的咬槎情况等；

(2) 强度检测。如材料强度、构件承载力、钢筋配置情况等；

(3) 内部缺陷的检测。如混凝土内部的孔洞、裂缝、钢结构的裂缝、焊接缺陷等；

(4) 材料成分的化学分析, 如混凝土的集料分析、水泥成分及性能分析、钢材化学成分分析等。

与常规的建筑结构构件的检测工作相比, 对发生质量事故的结构进行检测有下列一些特点:

(1) 检测工作大多在现场进行, 条件差, 环境干扰因素多;

(2) 对发生严重质量事故的结构工程, 常常管理不善, 经常没有完整的技术档案, 有时甚至没有技术资料, 因而检测工作要周到计划; 有时还会遇到虚假资料的干扰, 这时尤要慎重对待。

(3) 对有些强度检测常常要采用非破损或少破损的方法进行, 因事故现场尤其是对非倒塌事故一般不允许破坏原构件, 或者从原构件上取样时只能允许有微破损, 稍加加固后即不影响结构强度。

(4) 检测数据要公正、可靠, 经得起推敲。尤其是对于重大事故的责任纠纷, 涉及到法律责任和经济负担, 为各方所重视, 故所有检测数据必须真实、可信。

被检测的结构构件类别, 主要有砌体结构构件、钢筋混凝土结构构件和钢结构构件。由于结构构件类别不同, 检测的方法也有所不同, 至少是检测的侧重内容有所不同。为叙述方便, 下面按结构构件类别介绍常用的一些检测方法, 而且侧重介绍现场仪器检测的方法, 至于按一般规程进行的外观检测不作详细叙述。

二、砌体结构的检测

对砌体结构构件的检测主要包括: 材料(砖材、石材或其他块材及砂浆)强度, 砌筑质量(如砌筑方法, 砌体中砂浆饱满度、截面尺寸及垂直度等), 砌体裂缝, 及砌体的强度。其中, 关于砌筑质量的检查可按有关施工规程的要求进行, 一般并无技术上的困难, 这里就不作介绍。因为砌体承载力的评定是质量评定的关键问题, 而砌体承载力取决于砌块及砂浆的强度, 当然与砌筑质量也有关。由于砌体中的砂浆很薄, 无法再加工成标准的立方体进行压力试验, 这就给检测工作带来困难。下面重点介绍砂浆材料强度及砌体承载力的检测方法。

(一) 砌体裂缝的检测

因为砌体中的裂缝是常见的质量问题, 裂缝的形态、数量及发展程度对承载力、使用性能与耐久性有很大影响, 对砌体的裂缝必须全面检测。观测裂缝的长度、宽度、裂缝走向及其数量, 形态等。

裂缝的长度可用钢尺或一般米尺进行测量。宽度可用塞尺、卡尺或专用裂缝宽度测量仪进行测量。对于裂缝的走向、数量及形态应详细地标在墙体的立面图或砖柱展开图上, 进而分析产生裂缝的原因并评价其对强度的影响程度。

(二) 砌体中砌块与灰缝砂浆强度的检测

砌体是由砌块和砂浆组成的复合体。有了砂浆及砌块的强度, 就可按有关规范推断出砌体的强度。所以对砌块及砂浆强度的检测是十分关键的。对于砌块, 通常可从砌体上取样, 清理干净后, 按常规方法进行试验。

取五块砖作抗压强度试验。将砖样锯成二个半砖(每个半砖长度不小于100mm), 放入室温净水中浸10~30min, 取出以断口方向相反叠放, 中间用净水泥砂浆粘牢, 上下面用水泥砂浆抹平, 养护三天后进行压力试验。加荷前测量试件两半砖叠合部分的面积 A (mm^2),